

## ИССЛЕДОВАНИЕ ПАЛЛАДИЕВЫХ КАТАЛИЗАТОРОВ НА УГЛЕРОДНЫХ ПОДЛОЖКАХ

*Чесноков Н.В.<sup>1,2</sup>, Микова Н.М.<sup>1</sup>, Кузнецов Б.Н.<sup>1,2</sup>*

<sup>1</sup>Федеральное государственное бюджетное учреждение науки Институт химии и химической технологии Сибирского отделения Российской академии наук  
г. Красноярск, Академгородок, 50/24, 660036, [cnv@icct.ru](mailto:cnv@icct.ru)

<sup>2</sup>Сибирский федеральный университет, г. Красноярск, пр. Свободный, 79

Системы, содержащие наноразмерные частицы металлического Pd на пористых углеродных подложках (УП) широко используются в качестве катализаторов различных химических процессов гидрирования и окисления, а также могут представлять интерес в качестве материалов для разработки электродов топливных элементов и систем хранения водорода.

В настоящей работе изучено влияние природы углеродных подложек, на размер и характер распределения частиц нанесённого палладия и его каталитические свойства в реакциях жидкофазного гидрирования циклогексена и гексена-1.

Различные пористые УП были получены термообработкой интеркалированного природного графита, химически модифицированного антрацита, целлюлозных волокон и микрокристаллической целлюлозы (МКЦ). Палладий наносили пропиткой УП водно-спиртовым раствором  $\text{H}_2\text{PdCl}_4$ . Содержание Pd в образцах составляло 1,0 вес. %.

Данные о структурных и текстурных характеристиках УП получены методом просвечивающей электронной микроскопии (ПЭМ) и на основании анализа изотерм адсорбции  $\text{N}_2$  (77 К) и  $\text{CO}_2$  (273 К). Информация о размере частиц нанесенного палладия и их распределении получена методом ПЭМ высокого разрешения.

Полученные УП отличались друг от друга структурными характеристиками, природой и соотношением кислотных и электронодонорных функций.

При нанесении  $\text{H}_2\text{PdCl}_4$  на углеродные подложки из терморасширенных графитов (ТРГ) или антрацитов происходит частичное или практически полное восстановление Pd, в зависимости от способа приготовления углеродной подложки.

На ТРГ, полученном через стадию интеркалирования  $\text{HNO}_3$  наблюдалось равномерное распределение частиц палладия размером 2-4 нм. Это образец устойчив к спеканию при восстановлении водородом при 150°C. На ТРГ, приготовление которого включало интеркалирование графита  $\text{HNO}_3$  и  $\text{CH}_3\text{COOH}$  частицы Pd размером от 1 до 4 нм преимущественно сгруппированы в кластеры, достаточно равномерно распределенные на углеродной поверхности. Для подложек из химически модифицированных антрацитов наблюдалось равномерное распределение частиц металлического Pd со средним размером около 2 нм.

На УП из целлюлозного волокна, благодаря наличию развитой нанопористой структуры, представленной практически однородными по размерам порами, достигается равномерное распределение Pd. Преимущественный размер частиц нанесенного Pd составляет 4-5 нм. Преобладающий размер частиц нанесенного Pd на УП, полученных карбонизацией МКЦ, составляет 1-2 нм, и они равномерно распределены на углеродной поверхности. Также наблюдаются ассоциаты палладия, которые состоят из частиц металла с размером около 5 нм, размеры же самих ассоциатов составляют около 50 нм. Наноразмерные частицы Pd на подложках из целлюлозных материалов устойчивы к спеканию в атмосфере водорода при 150°C.

Обнаружено существенное влияние природы УП на каталитические свойства Pd катализаторов в реакциях жидкофазного гидрирования гексена-1 и циклогексена. Наиболее высокую активность в гидрировании олефинов проявляют катализаторы, содержащие ассоциаты наноразмерных частиц металла.